

文章编号: 1000-5013(2008)03-0399-04

芒果黄色素的微波萃取及稳定性分析

刘建福, 肖爱红, 徐宝福

(华侨大学 工业生物技术福建省高等学校重点实验室, 福建 泉州 362021)

摘要: 微波萃取芒果黄色素, 正交试验表明芒果色素提取效率的影响力大小: 乙醇体积分数 > 料液比 > 微波功率 > 辐射时间. 芒果色素最佳提取条件: 体积分数为 90% 的乙醇为提取剂, 料液比(原料质量(g)和提取液体积(mL)的比)为 1: 30, 微波辐射功率为 280 W, 辐射时间为 50 s. 该色素在 80 ℃ 以下稳定性较好, 对光的耐受性较差; 色素在中性和碱性条件下稳定, 耐还原性强, 但耐氧化性较差. 9 种金属离子中, Cu^{2+} 和 K^{+} 对色素有明显的破坏作用, 而 Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Na^{+} , Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 对色素稳定性较好, 并有不同程度的护色作用. 葡萄糖和抗坏血酸对色素无不良影响; 而蔗糖、苯甲酸钠和山梨酸钾对色素有破坏作用.

关键词: 芒果; 黄色素; 微波萃取; 稳定性

中图分类号: TS 202.3; TQ 420.6⁺ 6

文献标识码: A

食用色素作为重要的食品添加剂, 广泛应用于食品、医药及日用化工等领域. 目前人工合成的色素多属于苯胺类化合物, 有致癌和诱导染色体变异的作用, 对人体健康造成严重威胁, 因而其使用受到严格的限制^[1]. 天然色素因其安全可靠、色泽自然, 往往兼有营养和药理保健作用而受到人们的青睐^[2-5]. 开发和利用天然色素资源已成为人们日益关注的课题^[6-10]. 芒果(*Mangifera indica* Linn) 是著名的热带水果, 富含黄色素, 是天然食用色素的优良原料, 目前尚未见有关芒果色素的报道. 本文从芒果果肉中提取天然黄色素, 并对其稳定性进行系统研究.

1 材料与方法

1.1 实验材料

芒果果实(购自市场); 无水乙醇、过氧化氢、亚硫酸钠、柠檬酸、抗坏血酸、苯甲酸钠、山梨酸钾、蔗糖、葡萄糖试剂, 均为国产分析纯.

1.2 主要仪器

MF2270EG 型微波炉(山东青岛海尔科技有限公司); SP2102UV 型紫外-可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司); TDL-60B 型离心机(上海安亭科学仪器厂); BS124S 型电子分析天平(德国赛多利斯有限公司); 410A 型酸度计(美国奥立龙有限公司); DK-8D 型电热恒温水浴锅(上海精密实验设备有限公司).

1.3 工艺流程

取果实成熟, 色泽鲜艳, 形状大小一致的新鲜芒果果实于 65 ℃ 烘干, 粉碎过 60 目筛后进行微波提取, 经冷却过滤并洗涤滤渣, 浓缩后进行真空干燥, 可得芒果色素.

2 结果与讨论

2.1 芒果色素微波萃取溶剂的筛选

微波萃取溶剂须为极性溶剂, 因为非极性溶剂不易吸收微波能, 所以不能用体积分数为 100% 的非

收稿日期: 2007-09-15

作者简介: 刘建福(1975-), 男, 讲师, 主要从事植物学和生物技术的研究. E-mail: jianfu@hqu.edu.cn.

基金项目: 华侨大学科研基金资助项目(07H ZR24)

极性溶剂作微波萃取溶剂. 本试验分别选用 5 种常用的不同极性的有机浸提溶剂进行试验, 包括乙酸乙酯、乙醚、环乙烷、乙醇(体积分数为 95%)、丙酮等. 微波萃取约 60 s 后所得溶液在波长 420~ 450 nm 之间扫描并测定吸光度值, 如表 1 所示. 从表 1 可知, 几种萃取剂中以乙醇和丙酮萃取所得溶液测得的吸光度值较大, 而乙酸乙酯、乙醚和环乙烷的萃取液的吸光度值较小. 究其原因可能是, 乙醚、环乙烷和乙酸乙酯仅是脂溶性溶剂, 而 95% 乙醇和丙酮既是水溶性溶剂又是脂溶性溶剂, 所以提取的色素较多, 相应吸光度值较大, 而乙醚、环乙烷和乙酸乙酯相对较小. 丙酮虽然浸提效果较乙醇好, 但丙酮易挥发且有毒于人体健康不利, 因此本试验选用乙醇作浸提剂.

2.2 芒果色素的吸收光谱

取一定量的色素原液稀释后, 以 95% 乙醇为空白, 比色皿厚度为 1 cm, 用紫外-可见分光光度计测其吸光度(A), 结果如图 1 所示. 由图 1 可见, 芒果色素提取液在 330~ 500 nm 范围内有一吸收峰, 其最大吸收波长 λ_{\max} 为 440 nm.

2.3 微波辅助提取的正交试验

通过单因素试验, 确定以微波功率(P)、辐射时间(t)、乙醇体积分数(φ)和料液比($m: V$, 原料的质量(g)与提取液的体积(mL)的比)为试验因素, 以吸光度(A)为考察指标, 进行 4 因素 3 水平($L_9(3^4)$)的正交试验, 如表 2 所示. 由表 2 可知, 微波功率、乙醇体积分数和料液比 3 个因素对色素提取有极显著影响, 辐射时间因素影响不显著. 各因素的主次顺序: 乙醇体积分数> 料液比> 微波功率> 辐射时间. 因为辐射时间影响不显著, 从经济的角度选择 50 s. 由表 2 分析可得, 微波浸取的最佳条件是微波辐射功率为 280 W, 辐射时间为 50 s, 乙醇体积分数为 90%, 料液比为 1: 30.

2.4 芒果色素稳定性的影响因素

2.4.1 光照时间 把稀释后的色素液倒入带塞试管中, 置于室内自然光下照射(光照强度为 $13.5 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$, 在不同光照时间下测其吸光度, 并计算色素残存率. 实验考察光照时间(t)对芒果色素稳定性的影响, 如图 2 所示. 由图 2 可知, 芒果色素在室内自然光下, 2 h 内吸光度变化不大, 但随着光照时间的延长, 吸光度逐渐下降, 在 30 h 后色素残存率降为 69.5%, 54 h 后降为 45.1%. 说明芒果色素对光照敏感, 不能长时间暴露在光照中. 因此, 在储存和运输过程中应尽量避免日光直接照射.

2.4.2 pH 值 用乙醇, HCl, NaOH 配制 pH 值为 1~ 13 的 7 种测试溶液, 分别取 13.5 mL 待测液并各加入 1.5 mL 测试溶液. 待测液临时制得, 摇匀, 室温下密封于暗室静置 3 h 后取出, 测其吸光度. 实验考察 pH 值对芒果色素稳定性的影响, 如图 3 所示. 由图 3 可看出, 在极强酸性条件下, 芒果色素的吸光度急剧下降; 在酸性范围内, 其吸光度基本保持不变, 而在中性及碱性范围内吸光度呈上升趋势. 说明极强酸环境对芒果色素有强烈破坏作用, 其他 pH 值对芒果色素稳定性影响不大, 芒果色素在中性和碱性条件下稳定性好且有增色作用. 因此, 适宜于碱性和中性条件下保存及碱性食品的着色.

2.4.3 温度 取色素液在不同温度的水浴恒温锅中恒温加热, 采用冷凝回流装置, 3 h 后取出, 耗去的无水乙醇测定时补足, 测其吸光度. 实验考察温度(θ)对芒果色素稳定性的影响, 如图 4 所示. 由图 4 可

表 1 不同萃取溶剂对吸光度的影响
Tab. 1 Effects of extractant on absorbance

λ/nm	乙酸乙酯	乙醚	环乙烷	乙醇	丙酮
420	0.241	0.276	0.110	0.440	0.534
430	0.250	0.297	0.121	0.455	0.564
440	0.183	0.255	0.143	0.515	0.555
450	0.099	0.206	0.126	0.370	0.549

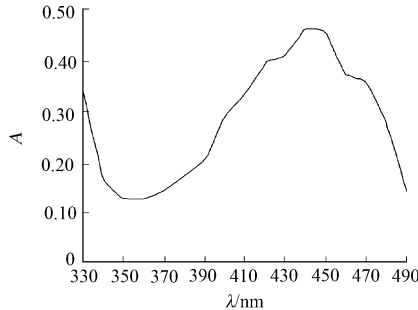


图 1 芒果黄色素光谱特征
Fig. 1 Absorbing spectrogram of mangifer yellow pigment

表 2 正交试验设计及结果分析

Tab. 2	Design and results of orthogonal test						
试验号	P/W	t/s	$\varphi/\%$	$m:$	$V/\text{g}:$	mL	A
1	140	50	80	1:	20		0.133
2	140	60	90	1:	30		0.164
3	140	70	100	1:	40		0.142
4	280	50	90	1:	40		0.167
5	280	60	100	1:	20		0.142
6	280	70	80	1:	30		0.145
7	420	50	100	1:	30		0.141
8	420	60	80	1:	40		0.139
9	420	70	90	1:	20		0.148
K_1	0.439	0.441	0.417				0.423
K_2	0.454	0.445	0.479				0.450
K_3	0.428	0.435	0.425				0.448
R	0.026	0.010	0.062				0.027

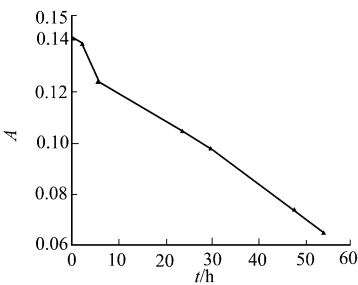


图 2 光照时间对色素稳定性的影响
Fig. 2 Effect of illumination time on stability

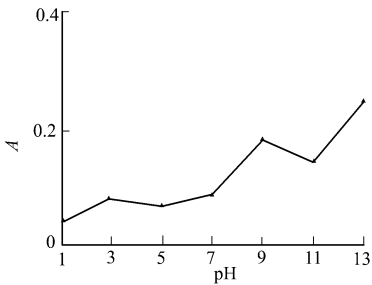


图 3 pH 值对色素稳定性的影响
Fig. 3 Effect of pH value on stability

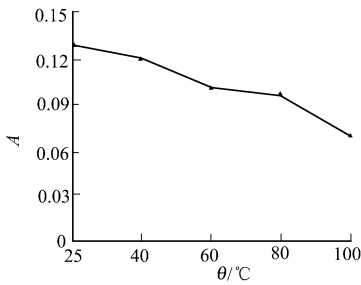


图 4 温度对色素稳定性的影响
Fig. 4 Effect of temperature on stability

知, 芒果色素的热稳定性较好, 80 ℃以上的高温对色素有轻微的破坏作用, 使其降解. 因此, 芒果色素是一种热稳定性较好的色素, 但其制取和保存应在 80 ℃以下温度进行.

2. 4. 4 碳水化合物 取芒果色素原液 2 mL, 分别加入不同质量分数的葡萄糖和蔗糖溶液 10 mL, 考察其对芒果色素的影响, 如表 3 所示. 由表 3 可知, 随着蔗糖质量分数的增加, 其吸光度降低, 说明蔗糖对芒果色素有消色作用; 而不同质量分数的葡萄糖对芒果色素的吸光度影响不大.

表 3 碳水化合物对色素稳定性的影响

Tab. 3 Effect of carbohydrate on stability

w / %	5	10	15	20	25
蔗糖	0. 028	0. 024	0. 022	0. 017	0. 016
葡萄糖	0. 009	0. 011	0. 010	0. 012	0. 009

2. 4. 5 氧化还原剂 分别配制不同质量分数的 NaClO, H₂O₂ 和 Na₂SO₃ 测试溶液. 准确取 2 mL 色素提取液, 加入 10 mL 测试溶液, 室温下于暗室静置 3 h 后测定色素的吸光度. 实验考察不同质量分数的 NaClO, H₂O₂, 和 Na₂SO₃ 等氧化还原剂对芒果色素稳定性的影响, 如表 4 所示. 由表 4 可以看出, 加入的 NaClO, H₂O₂ 质量分数越高, 芒果色素产生的消色作用越大, 但色素的颜色没有明显的改变, 因此使用质量分数控制在 1. 25% 以下效果较好. 在使用芒果色素时应避免与高质量分数的氧化剂接触. 还原剂 Na₂SO₃ 对芒果色素有增色作用; 抗坏血酸(Vc)对芒果色素的吸光度较稳定. 说明芒果色素对还原剂稳定, 具有较强的耐还原性.

表 4 氧化还原剂对色素稳定性的影响

Tab. 4 Effect of redox agent on stability

w / %	0	1. 25	2. 50	5. 00	7. 50
H ₂ O ₂	0. 026	0. 023	0. 017	0. 016	0. 013
Na ₂ SO ₃	0. 026	0. 028	0. 074	0. 127	0. 127
NaClO	0. 033	0. 030	0. 022	0. 011	0. 004
Vc	0. 024	0. 024	0. 024	0. 023	0. 028

2. 4. 6 金属离子 分别配制不同质量浓度的 FeCl₃, FeSO₄, AlCl₃, ZnCl₂, NaCl, CaCl₂, MgCl₂, CuSO₄ 和 KCl 溶液. 准确移取 2 mL 色素提取液, 分别加入 10 mL 各种质量浓度的金属离子溶液中, 对照中加入 10 mL 蒸馏水, 摇匀, 室温下于暗室静置 3 h 后测定吸光度, 并计算色素残存率. 实验考察 9 种金属离子对芒果色素稳定性的影响, 如表 5 所示. 由表 5 可知, 在 440 nm 波长下测定常见金属离子 Fe³⁺, Fe²⁺, Al³⁺, Zn²⁺, Na⁺, Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 在达到各自最大安全使用量时, 芒果色素的色素残存率分别为 124. 2%, 130. 8%,

表 5 金属离子对色素稳定性的影响

Tab. 5 Effects of metal ions on stability

ρ / mg · L ⁻¹	0	25	50	75	100
Ca ²⁺	0. 028 0	0. 028 9	0. 029 4	0. 029 6	0. 029 9
Al ³⁺	0. 031 0	0. 031 7	0. 036 9	0. 039 0	0. 041 2
ρ / mg · L ⁻¹	0	250	500	750	1 000
Fe ²⁺	0. 028 0	0. 029 6	0. 031 1	0. 034 0	0. 036 6
Fe ³⁺	0. 029 0	0. 030 1	0. 031 3	0. 032 9	0. 036 9
ρ / mg · L ⁻¹	0	250	500	750	1 000
K ⁺	0. 031 0	0. 030 8	0. 030 4	0. 030 3	0. 030 1
Mg ²⁺	0. 030 0	0. 030 4	0. 030 8	0. 030 9	0. 031 0
ρ / mg · L ⁻¹	0	2 000	4 000	6 000	8 000
Na ⁺	0. 028 0	0. 028 8	0. 031 6	0. 032 4	0. 034 4
ρ / mg · L ⁻¹	0	30	60	90	120
Zn ²⁺	0. 027 0	0. 028 7	0. 029 9	0. 031 2	0. 033 5
ρ / mg · L ⁻¹	0	4	8	12	16
Cu ²⁺	0. 029 0	0. 028 7	0. 028 6	0. 028 3	0. 028 2

129. 7%, 124. 2%, 121. 2%, 106. 7% 和 103. 1%. 说明这些金属离子对色素均有增色作用, 其中 Fe³⁺, Fe²⁺, Al³⁺, Zn²⁺ 和 Na⁺ 的影响较大, 而 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 的影响较小. 因此, 食品当中含有这些金属离子时, 对芒果色素有一定的增色作用, 在一定程度上弥补了由于各种因素而造成色素褪色的缺陷. Cu²⁺ 和 K⁺ 在达到各自最大安全使用量时, 芒果色素的色素残存率分别为 97. 1% 和 96. 8%, 说明这两种金属离

子降低芒果色素的稳定性.

2.4.7 防腐剂 分别配制不同浓度葡萄糖、蔗糖溶液、苯甲酸钠和山梨酸钾的待测液. 取色素液 2 mL 分别加入 10 mL 不同浓度待测液, 摇匀, 室温下于暗室静置 3 h 后取出, 测其吸光度. 色素与不同浓度的苯甲酸钠和山梨酸钾混合, 反应后测得的吸光度如表 6 所示. 由表 6 可见, 苯甲酸钠和山梨酸钾对色素都有一定的降解作用. 质量分数低于 0.01% 时降解作用不明显, 但随着质量分数的增大降解作用逐渐显著. 所以, 防腐剂在含有芒果色素的食品中应用的越少越好.

表 6 防腐剂对色素稳定性的影响

Tab. 6 Effect of antiseptic on stability

<i>w</i> / %	0	0.001	0.010	0.200	0.500
苯甲酸钠	0.026	0.025	0.024	0.016	0.013
山梨酸钾	0.026	0.024	0.025	0.015	0.012

3 结束语

实验所选择的溶剂范围内, 芒果色素的最佳浸提剂为乙醇. 试验结果表明, 最佳浸提条件为: 微波辐射功率为 280 W, 辐射时间为 50 s, 乙醇质量分数为 90%, 料液比为 1: 30. 芒果色素提取方法简单, 便于开发和生产. 芒果色素有较好的稳定性、色泽鲜艳、安全无毒, 可广泛应用于食品、化妆品等领域, 是一种有较高利用价值和开发前景的天然色素.

参考文献:

[1] 赵彦杰. 用树脂法提取龙葵果紫红色素的研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(9): 18 22.

[2] 张玉敏, 郭艳华, 陈义锋, 等. 紫甘蓝色素最佳提取工艺条件的研究[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2006, 40(2): 17 19.

[3] 蔡金星, 刘秀凤, 李兆蒙, 等. 以微波-超声波法提取草毒色素及其理化性质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 29(5): 69 73.

[4] 唐克华, 于华忠, 田建林, 等. 天仙果虹色素的微波提取及特性研究[J]. 食品工业科技, 2002, 23(3): 15 19.

[5] 彭程. 天然胡萝卜色素的提取及性能研究[J]. 西北民族大学学报: 自然科学版, 2004, 25(3): 28 32.

[6] 许泽宏, 谭建红, 张霞, 等. 核桃外皮天然食用色素的提取与理化性质[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2006, 29(4): 26 30.

[7] 郭元平, 苏丹, 夏晓欢, 等. 东北毛樱桃红色素的提取及稳定性研究[J]. 化学与生物工程, 2006, 22(8): 12 14.

[8] 张伟锋, 何生根. 台湾祥龙火龙果果皮色素的提取方法[J]. 中国农学通报, 2006, 22(6): 19 23.

[9] 陈志慧, 宋光泉, 张翠荣. 荔枝皮色素的超声提取及性能研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2006, 27(2): 15 18.

[10] 库尔班江·巴拉提. 玫瑰花色素的提取及其稳定性研究[J]. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2006, 24(1): 12 15.

Study on Extraction and Stability of Yellow Pigment from *Mangifera indica* Linn

LIU Jian-fu, XIAO Aihong, XU Baofu

(Key Laboratory of Industrial Biotechnology of Fujian Province University, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Yellow pigment was extracted using *Mangifera indica* Linn pulp as raw material. The optimum extracting conditions were selected by the orthogonal experiment, while the effects of light, temperature, pH value, oxidizing-reducing medium, 9 kinds of metal ions and 5 kinds of food additives on the yellow pigment stability were studied respectively. The results showed that the pigment belongs to water-soluble anthocyanins, at the maximum absorption wavelength was 440 nm, and the optimum extracting solvent was 90% ethanol, the sample weight to solvent volume 1: 30, microwave power 280 W, microwave radiation time 50 s. It is stable below 80 °C and pH ≥ 7, but sensitive to light intensity and oxidant. Cu²⁺, K⁺, sucrose, sodium benzoate and potassium sorbate evidently degrade the pigment, Fe³⁺, Fe²⁺, Al³⁺, Zn²⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ glucose and Vc have no harmful effect on it.

Keywords: *Mangifera indica* Linn; yellow pigment; extract; stability

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 陈国华)